

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Šé**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company

Jazyk vypracování:

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: RJ - BEST s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení


Seznam doporučené odborné literatury:

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 28. 4. 2017

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval majitelům firmy RJ – BEST s. r. o. za to, že mi ve svém podniku umožnili vykonávat odbornou praxi a vyhověli všem mým potřebám. Velké díky patří také panu Jarkovi Kadlčákovi za to, že se mě ve firmě ujal a přijal mne jako svého spolupracovníka. Navždy budu obdivovat jeho trpělivost vzhledem k mým neustálým a často triviálním dotazům. V neposlední řadě samozřejmě patří můj dík panu doc. Dr. Ing. Zdenku Medvecovi za pomoc a vedení při zpracovávání této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje pracovní činnost, kterou jsem ve firmě RJ – BEST s. r. o. vykonával po dobu padesáti pracovních dní během posledního roku bakalářského studia na VŠB-TUO, katedře elektroenergetiky. Do pracovní náplně spadaly revize, údržby a elektroinstalace zejména hladiny nízkého napětí. Příležitostně se mi však naskytla možnost nahlédnutí do problematiky VN. Popisuji zde práce, které byly z mého pohledu nejzajímavějšími a nejpřínosnějšími. Formu zpracování jsem pojal jako kombinaci praxe a teorie. Jednotlivé pracovní úkoly jsou popisovány ze strany teoretické i praktické – zpracování této práce tak vyžadovalo nejen praktickou účast na jednotlivých úlohách, avšak také hledání teoretických poznatků o nich.

Klíčová slova

Preventivní kontrola a údržba zařízení, revize, elektroinstalace, základy termografie, údržba transformátoru, VN bezpečnostní opatření, silový kabel, výměna koncovky VN, druhy rozvodných sítí, problematika hliníkových vodičů

Abstract

This thesis describes my fifty-day professional practice at the company RJ – BEST s. r. o. during the final year of my bachelor's study at VŠB – TUO, Department of Electrical Power Engineering. My work partner and I dealt with revisions, maintenance of electrical devices and electrical installations. Occasionally, we also worked on issues concerning high voltage installations. In this thesis I mainly focus on the topics I personally found the most interesting and informative. The structure of the thesis includes both practical and theoretical knowledge. Individual tasks are described from both perspectives - the perspective I had when I was present during the solving of the tasks and an additional look on the tasks from a research point of view.

Key words

Electrical preventive maintenance, electrical revisions, electrical installations, basics of thermography, transformer maintenance, high voltage safety precautions, high voltage cable, cable termination repair, earthing arrangements, aluminium conductors

Obsah

Seznam použitých zkratk a veličin	8
Seznam obrázků	9
1 Úvod	10
2 Popis odborného zaměření firmy RJ – BEST s. r. o.	11
3 Zadané úkoly a jejich časová náročnost	12
4 Vypracování úkolů	13
4.1 Revize obchodního centra	13
4.1.1 Revize elektrických zařízení (teorie)	13
4.1.2 Základy práce s termovizní kamerou (teorie)	15
4.1.3 Revize rozvoden	16
4.1.4 Kontrola transformátorů	18
4.1.5 Revizní zpráva	19
4.2 Revize bytové elektroinstalace	20
4.2.1 Problematika hliníkových vodičů (teorie)	20
4.2.2 Problematika způsobu zapojení rozvodné sítě (teorie)	21
4.2.3 Zapojení zásuvek	24
4.3 Údržba trafostanice	25
4.3.1 Řád preventivní údržby (teorie)	25
4.3.2 Postup a shrnutí údržby	26
4.4 Výměna koncovky VN	29
4.4.1 Řez kabelem VN (teorie)	30
4.4.2 Postup a shrnutí výměny	31
4.5 Rekonstrukce elektroinstalace společných prostor	33
5 Znalosti získané během studia uplatněné v průběhu odborné praxe	35
6 Nedostatky ve znalostech a dovednostech při vykonávání odborné praxe	36
7 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení	37
Literatura	38

Seznam použitých zkratk a veličin

Seznam zkratk

Zkratka	Vysvětlivka
ČSN	Česká technická norma
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
HDS	Hlavní domovní skříň
HDV	Hlavní domovní vedení
IR	Infračervený/á [Infrared]
L _{1,2,3}	Fáze vedení L ₁ ,L ₂ ,L ₃
NN	Nízké napětí
PPN	Práce pod napětím
ŘPÚ	Řád preventivní údržby
TS	Trafo stanice
VN	Vysoké napětí

Seznam veličin

Značka	Název	Jednotka
I	Elektrický proud	Ampér [A]
M	Moment síly	Newtonmetr [Nm]
P	Elektrický výkon	Watt [W]
R	Elektrický odpor	Ohm [Ω]
S	Průřez	Metr čtvereční [m ²]
t	Čas	Sekunda [s]
U	Elektrické napětí	Volt [V]
Z	Impedance	Ohm [Ω]

Seznam obrázků

Obr. 1 – Záření dopadající na objektiv kamery.....	15
Obr. 2 – Dopadající záření při zanedbání τ složky	15
Obr. 3 – IR snímky přívodu	16
Obr. 4 – Přípustná nesymetrie zatížení	17
Obr. 5 – Fotka jednoho z transformátorů	18
Obr. 6 – IR snímky transformátoru	18
Obr. 7 – Úvodní list revizní zprávy	19
Obr. 8 – Soupis zjištěných závad.....	19
Obr. 9 – Závěr revizní zprávy.....	19
Obr. 10 – Stav kontrolovaných bytů	20
Obr. 11 – Kontrola zapojení zásuvek	20
Obr. 12 – Zapojení TN-C.....	21
Obr. 13 – Porucha přerušení PEN v TN-C	21
Obr. 14 – Zapojení TN-S	22
Obr. 15 – Porucha přerušení PE + zkrat v TN-S.....	22
Obr. 16 – Zapojení sítě TN-C-S.....	23
Obr. 17 – Zapojení zásuvek sítě TN-C.....	24
Obr. 18 – Zapojení zásuvek sítě TN-S	24
Obr. 19 – Problematika protilehlého zapojení zásuvkových kolíků	24
Obr. 20 – Fotka pracoviště.....	26
Obr. 21 – Schéma pracoviště.....	26
Obr. 22 – Příkaz B pro zajištění trafostanice.....	27
Obr. 23 – Jednopolové schéma pracoviště.....	27
Obr. 24 – Zajištění primární strany (VN).....	27
Obr. 25 – Zajištění sekundární strany (NN)	27
Obr. 26 – Příkaz B pro výměnu koncovky VN	29
Obr. 27 – Jednopolové schéma pracovní oblasti	29
Obr. 28 – Zajištění NN	30
Obr. 29 – Zajištění VN	30
Obr. 30 – Postižená fáze.....	30
Obr. 31 – Poškozená koncovka	30
Obr. 32 – Řez kabelem VN	30
Obr. 33 – Ořezávání polovodivé vrstvy	31
Obr. 34 – Kabel připravený k montáži	31
Obr. 35 – Konečná podoba koncovky	32
Obr. 36 – Principiální schéma zobrazující obměňovanou část vedení	33
Obr. 37 – Nové HDV (přízemí).....	33
Obr. 38 – Nové HDV (1. patro)	33
Obr. 39 – Rozvaděč při prvotním usazení	34
Obr. 40 – Konečná podoba rozvaděče	34
Obr. 41 – Vyhovující svorka	34
Obr. 42 – Nevyhovující svorka	34

1 Úvod

Bakalářskou práci ve formě praxe jsem si vybral po důkladném uvážení. Novodobým trendem většiny vysokých škol technického zaměření je „produkovat“ studenty s téměř čistě teoretickými znalostmi, které však bez zkušeností praktických nejsou úplné. Hlavní důvod je zřejmý – bezpečnost. Vzdělávací ústavy si v dnešní době práva nemohou dovolit nechat studenty samostatně pracovat na potenciálně nebezpečných zařízeních. A vzhledem k tomu, že katedra elektroenergetiky se soustředí zejména na silnoproudé soustavy, je nedostatek praktických znalostí studentů pochopitelný. Mnoho firem po absolventech VŠ vyžaduje alespoň minimální praktické zkušenosti – vždy si při výběru potenciálních zaměstnanců se stejným dosaženým vzděláním zvolí někoho s praxí. Studenti se tak dostávají do nežádoucí situace, kdy je po nich požadována určitá úroveň praktické zručnosti, která jim však schází.

Já osobně jsem absolventem osmiletého gymnázia, na kterém byla výuka technických předmětů téměř nulová. Tento rozdíl v technických znalostech a zkušenostech mezi absolventy odborných středních škol a gymnazisty byl po celou dobu mého bakalářského studia patrný. Při výběru mezi bakalářskou praxí a teoretickou prací jsem tedy neváhal – bylo na čase získat nové vědomosti tam, kde mi scházely, tedy v praktické části studia.

Prvním krokem po rozhodnutí se o vykonání praxe však bylo najít vhodného poskytovatele. Mnoho mých kolegů získalo praxi ve velkých podnicích, jako je například Skupina ČEZ, pomocí konexí. Navíc počet volných míst nabízených těmito společnostmi byl vždy menší, než počet zájemců. Rozhodl jsem se tedy vykonat praxi v menší soukromé firmě RJ – BEST s. r. o., ve které jsem očekával osobitější přístup k práci a přívětivější pracovní prostředí.

2 Popis odborného zaměření firmy RJ – BEST s. r. o.

Firma RJ-BEST s. r. o. (dále jen „RJ-BEST“) byla založena v roce 2005 – vznikla jako nástupnická firma předchozího podniku majitele Rostislava Dostála. Firma realizuje elektroinstalační a elektromontážní práce v oboru silnoprůdu. Za více než desetiletí svého působení si tento soukromý podnik získal velkou důvěru zejména díky své pracovní preciznosti a dochvilnosti. Za dobu své činnosti se firma zúčastnila výstavby mnohých investičních akcí, celkových rekonstrukcí (vzdělávací a pečovatelské ústavy aj.), ale i bezpočtu prací menšího měřítka. Pokud tedy zákazník potřebuje cokoliv z oblasti slaboprůdu či silnoprůdu, pak je mu firma schopna vyhovět, včetně provedení stavebních a dokončovacích prací dle přání. Zaměstnanci se pravidelně podrobují pravidelným školením a předepsaným zkouškám.

Firmou poskytované služby

- Elektromontáže slaboprůdu a silnoprůdu.
- Revize elektrických zařízení.
- Revize a montáže hromosvodů.
- Montáže domácích telefonů, videotelefonů, docházkového a přístupového systému, vyhřívání okapů, sdělovací a zabezpečovací techniky, elektronických požárních systémů.
- Komplexní stavební a dokončovací práce.

Pracovní zařazení studenta

Ve firmě jsem byl přiřazen k nejzkušenějšímu zaměstnanci Jarkovi Kadlčákovi, který je mimo jiné revizním technikem, zabývající se zejména silnoprůdovými pracemi. Úlohy, které jsme společně vykonávali, se týkaly zejména elektroinstalací a revizí. Pracovní napětíová hladina se zpravidla pohybovala do horní hranice NN, příležitostně jsme se však účastnili prací na VN, o které jsem měl největší zájem.

3 Zadané úkoly a jejich časová náročnost

Pracovní úkoly, které jsem na praxi vykonával, se odvíjely od stávajících firemních zakázek. Pracovní doba byla ve čtvrtek a pátek od 6:00 do 14:00, příležitostně i s přesčasem do 15:00. Většinou se jednalo o práce, které jsme byli schopni zvládnout během daného dne (tedy během osmi pracovních hodin). Bohužel u rozsáhlejších zakázek, na kterých se pracovalo během celého týdne, jsem nemohl být vždy přítomen. Pan Kadlčák se mi však vždy snažil vyhovět a práci přizpůsobit mým potřebám – pro mne vědomostně nejprínosnější práce se vždy snažil přesunout na čtvrtek a pátek.

Praxi jsem započal menšími pracemi, například „taháním“ kabelů pro rozvaděče, skládáním jejich komponentů a následovnou instalací. Uvedl bych také například instalace osvětlení a zásuvek. Dále se jednalo o práce revizní – například revize stávající elektroinstalace bytové jednotky, která byla po zaplavení delší dobu mimo provoz, či revize spotřebičů. Největší revizní zakázkou byla revize rozvodu obchodního střediska. Při těchto pracích mi byly vysvětleny zásady a základní chyby v elektroinstalacích. Z hlediska manuálního a časového byla nejnáročnější rekonstrukce elektroinstalace společných prostor, která trvala celý jeden měsíc. Pro mne nejlákavějšími byly práce na soustavách VN. Zde spadá například údržba trafostanice a výměna koncovky 22kV silového kabelu. Ve firmě jsem tedy pracoval na velkém počtu menších zakázek, v této práci uvádím ty nejzajímavější a nejprínosnější.

Z hlediska pracovního vytížení jsme vždy měli co na práci, firma má totiž dle mého názoru nedostatek pracovníků silnoproudého zaměření. Mnohdy se tedy stávalo, že jsme s kolegou měli být na třech místech zároveň. Práci jsme však vždy vykonali ve smluvený termín.

4 Vypracování úkolů

4.1 Revize obchodního centra

Účelem práce byla pravidelná revize silnoproudé elektroinstalace obchodního centra. Jednalo se o revizi zásuvkových a světelných okruhů a rozvaděčů společných prostor. Vizuální prohlídkou jsme zjišťovali, zda stávající elektroinstalace nevykazuje žádné zjevné závady či nedodělky, které by mohly ohrozit bezpečnost osob nebo majetku. Kontrolovali jsme správné zapojení a provoz zařízení, izolační stavy, impedance a další. V neposlední řadě se jednalo také o opravu menších poruch a kontrolu garážových transformátorů. K dispozici jsme měli termovizní kameru, která nám umožnila detekovat poruchy s tepelným projevem.

4.1.1 Revize elektrických zařízení (teorie)

Kontrola elektrických zařízení je činnost, která slouží ke zjištění technického stavu zařízení – například zkoušečkou, měřením, prohlídkou apod.

Revize elektrických zařízení a soustav představuje jejich důkladnou prohlídku a kontrolu pro zajištění bezpečného provozu v souladu s předpisy norem. Základní normou je ČSN 33 1500 určující zařízení a objekty, které podléhají povinným revizím. Na tuto normu navazují normy další, jako například ČSN 62305-3 (bleskosvody) či ČSN 33 1600 ed. 2 (spotřebiče) [1].

Základní dělení revizí

Dle typu revize

- Výchozí revize je prováděna před zprovozněním nových elektrických zařízení či po jejich celkové rekonstrukci. Jinak se značí také jako revize vstupní.
- Pravidelná revize je prováděna po uplynutí revizní lhůty pro dané zařízení uvedené ve výchozí revizní zprávě v závislosti na typu zařízení a prostředí, ve kterém je provozováno (protokol o určení vnějších vlivů).
- Mimořádná revize je prováděna na základě mimořádného požadavku – jedná se tedy o požadavek nové revize před uplynutím lhůty revize předchozí (například v důsledku podezření poruchy či při jakémkoliv zásahu do stávající elektroinstalace či zařízení) [2].

Dle objektu revize

- Dále lze revize dělit dle revidovaného objektu – tj. revize bleskosvodů, spotřebičů, strojů, elektroinstalací a dalších zařízení.

Délka revizních lhůt dle normy závisí na typu zařízení a prostředí, ve kterém je provozováno. Vlivem degračních činitelů lze tedy očekávat kratší revizní lhůty u zařízení provozovaných v prostorech s extrémními teplotami, vlhkostí, prašností či biologickými vlivy. Důležitou součástí dokumentace elektrického zařízení je **protokol o určení vnějších vlivů**, který dle normy ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 udává důležité vlivy, na které musí být z hlediska návrhu a využívání zařízení brán zřetel. Tento dokument musí být po celou dobu životnosti zařízení archivován. Výjimkou jsou prostředí definovaná jako „normální“ či prostředí určená jinou normou, u kterých tento protokol nemusí být zpracován. Například běžné revize v prostředí normálním jsou pětileté, zatímco v prostředí horkém, studeném či vlhkém jsou tříleté. V extrémních prostředích (mokré, korozivní) jsou tyto revize jednoleté [3].

Postup při revizi

Při revizi téměř vždy postupujeme ve směru toku energie. Samotný obsah revize objektu (či zařízení) se v závislosti na jeho typu liší, nicméně každá revize má zpravidla 3 základní části v následujícím pořadí [2]:

- 1) **Prohlídka zařízení** – je souhrnem úkonů, které slouží k detekování případné závady bez použití měřících pomůcek. Jedná se například o audiovizuální, tepelné či vibrační projevy poruch, případně o vady v zapojení. Zkušený technik je tedy schopen použitím svých smyslů diagnostikovat nevyhovující stav objektu. Prohlídka se u zařízení dle potřeby (za předpokladu dodržení bezpečnostních zásad) může provádět i při jejich provozu.
- 2) **Měření a zkoušení zařízení** – představuje část revize, při které technik hledá závady pomocí měřících přístrojů. V této fázi dle typu revidovaného objektu ověřujeme například shodu veličin naměřených s udávanými (jmenovité hodnoty proudu, napětí...), zjišťujeme izolační stavy, správnou funkčnost elektrických prvků a stav ochrany před úrazem elektrickým proudem. V neposlední řadě nás často také zajímá **impedance poruchové smyčky**, jejíž hodnota musí být dostatečně nízká, aby došlo ke správnému vybavení jistících prvků (tj. aby případný poruchový proud dosáhl dostatečných hodnot pro jejich vybavení).
- 3) **Sepsání revizní zprávy** – je závěrečným písemným dokladem revize, určujícím stav elektrického zařízení z hlediska bezpečnosti v době vykonání revize.

Povinností revizního technika je okamžité zajištění závad přímo ohrožujících osoby!

Náležitosti revizní zprávy (dle již dříve zmiňované ČSN 33 1500 [4])

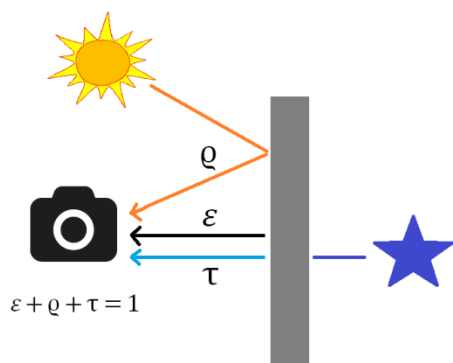
- 1) Určení druhu revize (výchozí, pravidelná, mimořádná).
- 2) Určení rozsahu revize (adresa objektu, jeho prostorové vymezení, typ napájecí sítě, druhy ochrany před nebezpečným dotykem...).
- 3) Seznam použitých měřících přístrojů (číslo kalibračního listu, chyba měření...).
- 4) Popis provedených úkonů (popis prohlídky a měření, kontrola stupně ochrany dle protokolu o vnějších vlivech, upřesnění revidovaného proudového okruhu...).
- 5) Soupis odstraněných a neodstraněných závad (včetně uvedení předpisu, který byl danou závadou porušen či nesplněn a termínu odstranění závad), členění těchto závad na závady přímo ohrožující osoby, závady snižující bezpečnost a neshody s normami a předpisy.
- 6) Datum zahájení, ukončení, vypracování a předání revizní zprávy.
- 7) Jméno, podpis a evidenční číslo revizního technika.
- 8) Závěr revize (vyhodnocení, zda je elektrické zařízení z hlediska bezpečnosti schopno provozu).
- 9) Přílohy – uvedení seznamu a umístění všech při revizi použitých dokladů – dokumentace zařízení, výchozí revizní zpráva, protokol o stanovení vnějších vlivů, doklady požadované zvláštními předpisy a další.

4.1.2 Základy práce s termovizní kamerou (teorie)

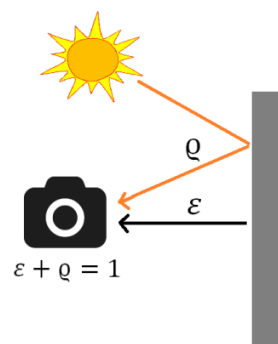
Vědní obor zabývající se bezkontaktní analýzou rozložení teplotního pole na povrchu tělesa se nazývá infračervená termografie. Každé těleso o určité teplotě (nad 0 K) vyzařuje ze svého povrchu elektromagnetické záření. Termovizní kamery jsou schopny zachytit IR složku této vyzářené energie, která se pro lidské oko pohybuje mimo viditelné spektrum, a převést jej do spektra viditelného, díky čemuž jsme schopni vizuálně porovnat povrchovou teplotu měřených těles.

Při měření termovizní kamerou je velmi důležité správně nastavit hodnotu emisivity měřeného objektu. Emisivita udává efektivitu vyzařování povrchu tělesa. Při hodnotě $\varepsilon = 1$ vyzáří těleso svým povrchem maximální množství tepelného záření, které lze za dané povrchové teploty vyzářit. Této hodnoty dosahuje pouze ideální zářič = absolutně černé těleso, které je zároveň také ideálním pohlcovačem (veškeré dopadající elektromagnetické záření pohlcuje). Mimo hodnotu emisivity lze také u lepších kamer nastavit hodnotu odražené teploty, která je průměrem teplot objektů před objektem měřeným.

Obecně je skladba IR záření dopadajícího na objektiv kamery dána vztahem $\varepsilon + \rho + \tau = 1$. Zachycené záření se tedy skládá ze složky emisivní (vyzařené) ε , reflexivní (odražené) ρ a transmisivní (prostupující) τ . Pro většinu materiálů ve stavebnictví a elektrotechnice můžeme transmisivitu zanedbat, IR záření se tak bude skládat ze složky emisivní = vyzářené a reflexivní = odražené, kterou si kamera po nastavení emisivity a zanedbání transmisivity sama vypočte [5].



Obr. 1 – Záření dopadající na objektiv kamery



Obr. 2 – Dopadající záření při zanedbání τ složky

Hodnota emisivity $\varepsilon = 0,95$ je typická pro stavební termografii – emisivita stavebních materiálů a kabelů je obecně vysoká. Při takto vysokých emisivitách není příliš důležité správné nastavení odražené teploty. Pokud na termovizní kameře nesprávně nastavíme vyšší hodnotu emisivity pro daný materiál, pak bude kamera očekávat více tepelného záření a vyhodnocená teplota bude nižší, než skutečná [6].

Pro přesné určení teploty je (pokud možno) lepší použít kontaktní teploměry, jejichž hodnoty nejsou znatelně zkresleny okolními vlivy. V našem případě termovizní kamera spíše sloužila k hledání teplotních rozdílů formou teplotního pole – poruchy jsme hledali srovnáváním teplot prvků s okolím, ne měřením konkrétní teploty.

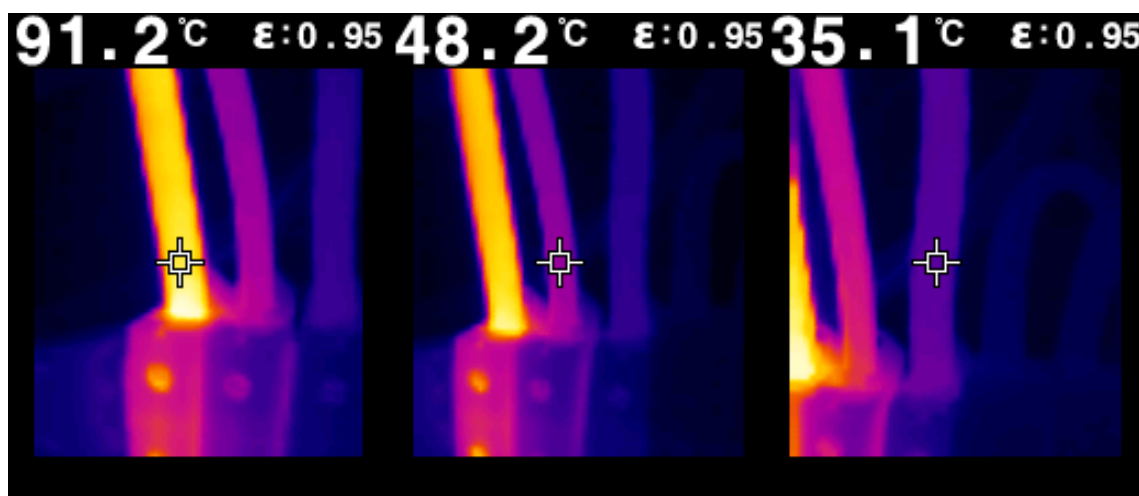
4.1.3 Revize rozvoden

Pro zachování anonymity nebudou uvedeny konkrétní informace o provozovateli revidovaných objektů

Nejmenované obchodní centrum disponovalo velkým počtem rozvoden NN, jejichž revize byly náplní naší práce. Základem byla kontrola správného a bezpečného chodu všech jejich elektrických zařízení a přístrojů. I přes velký počet kontrolovaných objektů jsme však zřídka nalezli problémy, vyjma níže uvedených.

Tepelné přetížení 3F přívodu

Po vstupu do jedné z rozvoden jsme ucítili zápach přehřívající se izolace. Otevřeli jsme skříň ve všech rozvaděčích a prohlédli jejich obsah termovizní kamerou. V jednom z nich jsme objevili přívod v nevyhovujícím stavu:



Obr. 3 – IR snímky přívodu

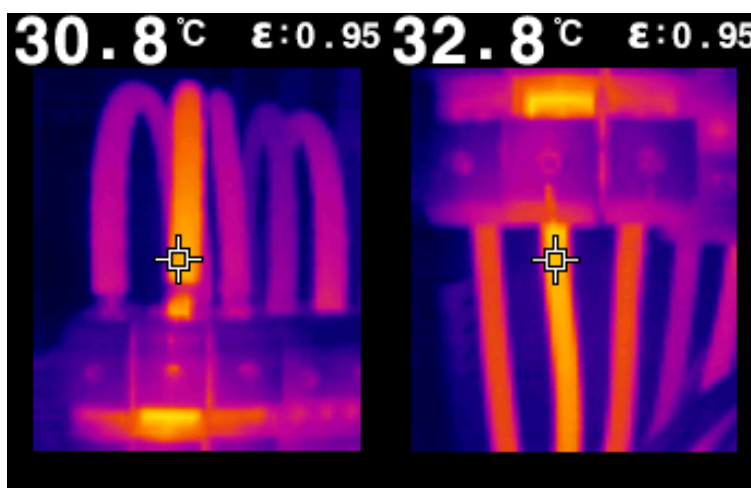
Jednalo se o oheň nešířící bezhalogenový silový přívod o průřezu 70 mm². Ze snímků je patrné, že docházelo k nesymetrickému zatěžování fází L₁, L₂ a L₃. Dovolená jmenovitá provozní teplota tohoto kabelového přívodu se pohybuje okolo 70 °C. Z obr. 3 je patrné, že fáze L₁ byla zejména v místě spoje tepelně přetěžována. V závislosti na zatížení teplota během dne místy přesahovala hranici 100 °C. Velkou částí problému byl přechodový odpor na svorkách, jednalo se totiž o přechod mezi vodiči různých průřezů a materiálů (hliník–mosaz–měď). S rostoucí vzdáleností od spoje teplota fáze L₁ poklesla až o přibližně 24 °C.

Po konzultaci s manažerem prodejny využívající zmíněný přívod jsme zjistili původ tohoto nežádoucího stavu. Dle nařízení mají mít všechny prodejny centra přívod z rozvodny v patře, ve kterém se nacházejí. Došlo však k rozšíření této prodejny do nižšího podlaží a z důvodu úspor se nové patro prodejny připojilo k rozvaděči patra původního. Od doby prvního zapojení také uběhla řada let a odběr se za tu dobu výrazně zvýšil (více světel, monitorů a dalších spotřebičů).

Doporučili jsme přepojení nižšího patra na vlastní rozvaděč. Situace se však dala řešit i následujícími způsoby:

- Volba vyššího průřezu vodiče.
- Měděné provedení vodiče – jádro kabelu AHKE je hliníkové (nižší vodivost, tečení)
- Volba kvalitnějších svorek a zajištění větší styčné plochy a přítlačné síly.
- Větší vzdálenosti v rozvaděči mezi svorkami v oblasti přechodu pro lepší odvod tepla.
- Souměrné zatížení fází – převedení části zátěže z L_1 na L_2 a L_3 . Snížili bychom tak tepelné ztráty, které narůstají se čtvercem proudu.

V dalších rozvodnách jsme také objevili nesymetrie zatížení fází, nebyla však překročena dovolená provozní teplota. Nesymetrie zatížení sice není při revizi klasifikována jako poruchový stav (nedochází-li k překročení jmenovitých hodnot), měli bychom však vždy usilovat o rovnoměrné zatěžování sítě, což uživatelé při zapojování spotřebičů zřídka berou v potaz.



Obr. 4 – Přípustná nesymetrie zatížení

Poruchové vybavování chrániče

Jednou z dalších námi řešených poruch bylo nežádoucí vybavování chrániče zásuvkového okruhu, který mimo jiné vypínal monitory veřejných prostor a nápojové automaty. Tato porucha se nacházela v přízemní oblasti, kde nedávno proběhly stavební práce.

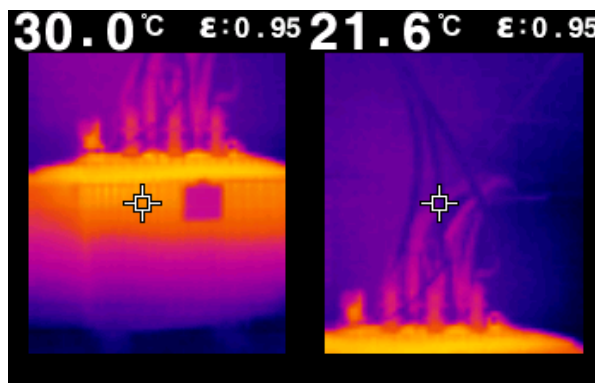
Poruchu jsme odstranili metodou měření izolačního odporu vodičů postupem od rozvodny NN ke konci okruhu a odpojováním jeho jednotlivých částí. Následovalo postupné zpětné zapojování a hledání části, která způsobovala vybavování chrániče. Ve výsledku jsme odpojili poruchovou část okruhu, u které jsme naměřili výrazně nižší izolační odpor – předpokládalo se porušení izolace kabelu při stavebních pracích. Vzhledem k typu poruchy v rušné oblasti centra nebylo možno závadu opravit ihned, poškozenou část obvodu jsme tedy pouze odstavili z provozu a samotná oprava byla domluvena na nejbližší možný termín.

4.1.4 Kontrola transformátorů

Přednostní výhodou bezkontaktní diagnostické termografie je možnost jejího provedení za běhu zařízení – jedná se o tzv. online diagnostickou metodu. Transformátory obchodního centra jsou hermeticky uzavřené olejové s vnějším antikoročním nátěrem. Cílem měření bylo zmapování jejich teplotního pole a zejména vyhodnocení stavu chladicího média, ve kterém se může tvořit kal z erodující izolace, který je schopen omezit průtok média chladicími žebry, následkem čehož může dojít k omezení chlazení či k jeho úplnému výpadku. Také poruchy v magnetickém a elektrickém obvodu mohou mít výrazný tepelný projev. Všechny námi kontrolované transformátory byly snižovací 22/0,4 kV.



Obr. 5 – Fotka jednoho z transformátorů



Obr. 6 – IR snímky transformátoru

Ze snímků je patrná žádoucí symetrie teplot. Z fyzikálních principů teplejší částice tekutiny stoupají vzhůru, lze tedy očekávat nejteplejší oblast chladicího média v horní části transformátoru (viz Obr. 6). Z obrázků lze také vyčíst, že nízkoproudé VN přívody jsou v porovnání s vysokoproudými NN vývody chladnější, což odpovídá skutečnosti, že tepelné ztráty narůstají s kvadrátem proudu. Mimo vlivu poruch také rozložení teplotního pole transformátoru závisí na jeho zatížení – s rostoucím zatížením lze předpokládat nárůst teplot a můžeme tak na poli detekovat poruchy, které při menším zatížení nelze zpozorovat.

Na žádném z transformátorů jsme neobjevili tepelnou stopu poruchy, teploty izolátorů, chladicího média a dalších částí byly v pořádku. Důkladnější kontrola zařízení při beznapětovém stavu byla dohodnuta na příští plánovanou odstávku a údržbu.

4.1.5 Revizní zpráva

V konečném podání měla revizní zpráva 58 stran, uvádím zde její první a poslední listy.

ZPRÁVA O PRAVIDELNÉ REVIZI ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ			
Číslo: 1.12.2016			
zahájení revize dne 11.10.2016		Revize podle ČSN 33 1500	
ukončena dne 31.12.2016		(33 2000-6-61)	
revizní technik : [redacted]			
evid. číslo : [redacted]			
adresa : [redacted]			
Organizace: [redacted]			
Revidovaný objekt: [redacted]			
Zdroje elektrického proudu :			
a) vlastní T1,2,3,4	o celkovém výkonu	kVA	
b) cizí	transf. o celkovém výkonu	kVA	
c) jiná zařízení		kVA	
Soustava 3x230/400 V, ochrana před neb.dotyk.nap.: ochrana samočinným odpojením od sítě Dle ČSN 332000 4.41 Samočinným odpojením od zdroje v soustavě TN-C-S			
Instalováno :			
motorů, svářeček apod. celkem	1	kW (kVA)	1000KVA
tepelných spotřebičů celkem	2	kW	1000KVA
žárovek., zářivk., výbojkových	3	kW	1250KVA
jiných spotřebičů	4	kW	800KVA
		kW (kVA)	
Celkem instalováno			
Rok příští revize : 2019			
Při revizi bylo odpojeno vadné zařízení :			
Měření izolač. odporů provedeno: PU-181, PU375		č.kal.listů	
Měření zemních odporů provedeno: Teromet		RJ-0001/2	
Měření impedance provedeno: PU-180, PU182		RJ-0003	
Další použité přístroje: EASYTEST		RJ-0004/5	
		RJ-0007	
Celkový posudek: Elektrické zařízení je schopno bezpečného provozu.			
Tato zpráva o revizi má 58 stran			
Počet příloh : 4In		Počet vyhotovení : 3	
Rozdělovník:			
2x provozovatel			
1x revizní technik			
Datum předání a podpis provozovatele		podpis rev.technika	

Obr. 7 – Úvodní list revizní zprávy

ZJIŠTĚNÉ ZÁVADY			
č.	popis závady, rozpor s ČSN, návrh na odstranění	znak term	odstranění provedl
1.	Rozvodny: V každé rozvodně musí být projektová dokumentace. Schází ve více rozvodnách projektová dokumentace. Doporučuji doplnění projektové dokumentace v každé rozvodně. Při nově instalovaných vedení schází štítky v rozvaděcích, popis. Doporučuji doplnění štítků. Doporučuji časté dotahování spojů v rozvaděcích. ČSN 332110, 333210 4.9. atd.		
2.	V krabicích, svorkovnicích a rozvaděcích proveďte dotažení vodičů a svorek. Kde je to prakticky možné, maji se po určité době provozu dotáhnout znovu všechny příp. šrouby. Norma: 37 0606, články: 21o	T2	T2
3.	H.M. Přívod vedení hoří. V rozvaděči 3RE3 -HM- ABB160A- AHKE-R 3x70+50mm ² Vyhořelé vedení v napojovacích svorkách pro přívodní vedení. Vedení a jističní na hraně dovolených proudů. Proměnění přívodního vedení 160Až 200A. Doporučuji výměnu svorek a uvažovat o rozdělení přívodního vedení. Teplota vedení v době nedotažených svorek 99 C 120/C stupňů C.20.12.2016. Přiloženy fotografie měření teploty: 1. Přívodní vedení HM-vysoká teplota na svorce. 2. Přívodní vedení po opravě. Vyhořelý kabel. 3. Proměnění trafostanice spoje TR1,2,3,4. ČSN 332000-5-523 T 52-NK1	T1	Výměna vadných svorek 200A Doporučuji výměnu!!
4.	Svitidla: Doporučuji: Výměnu vypálených zářivkových trubic garáže. Schází kryt zář. svítidel Soc. zář. 2NP babička. Prasklý kryt garáže výjezd. (-2NP)	T2	
5.	Doplnit jističní k čerpadlům tepelných čerpadel na chodbách a v obchodních jednotkách. V mnohých případech schází jističní. Napojeno ze stávajícího rozvodu T.C.	T2	

Obr. 8 – Soupis zjištěných závad

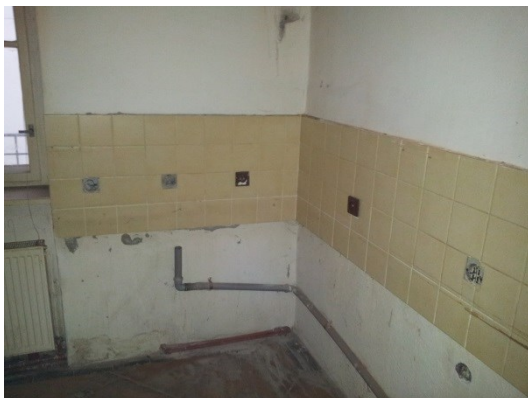
ZÁVĚR REVIZNÍ ZPRÁVY	
1. Bylo provedeno měření izolač. stavu dle ČSN 33 2000-6-61, čl. 612.2 Naměřené hodnoty uvedené v odstavci izolační odpor jsou minimální.	
2. Bylo provedeno měření impedance v síti TN dle ČSN 33 2000-4-41 čl. 413.1.3.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v odstavci Ochrana před dotykem a byly zkontrolovány podle vztahu $Z_s \times I_a \leq U_o$.	
$(k_v \times Z_{sv}) \times I_a \leq U_o$ respektive $1,25 \times Z_{sv} \times I_a \leq U_o$ ($Z_{sv} \leq 0,8 \times U_o / I_a$) nebo $(k_n \times Z_{sn}) \times I_a \leq U_o$ respektive $1,5 \times Z_{sn} \times I_a \leq U_o$ ($Z_{sn} \leq 2/3 \times U_o / I_a$)	
Uvedené hodnoty jsou naměřené maximální hodnoty, ke kterým je přičtena chyba měřicího přístroje.	
Znak časového návrhu odstranění závad :	
1 - neprodleně, nejpozději do 2/2017	2 - do 4/2017
3 - do	4 - do
Dne 1.1.2017	[redacted] rev. technik

Obr. 9 – Závěr revizní zprávy

Mimo zmíněné závady se v centru žádné závažnější poruchy nenacházely. Příležitostně jsme objevili mírně uvolněné svorky a šrouby menších přístrojů a nedotažené kryty rozvaděčů. Vzhledem k dřívějšímu požáru způsobenému vadným čerpadlem ve stropní oblasti jsme také termovizní kamerou hledali nežádoucí tepelné stopy na střepech jednotlivých pater. Mimo tepelné skvrny malých spotřebičů a optimálně fungujících zařízení jsme však nic problémového neobjevili.

4.2 Revize bytové elektroinstalace

Během této revize jsme měli za úkol zkontrolovat stávající elektroinstalaci v dlouho neobydlených bytech panelového domu, které byly ve špatném stavu – opadlá omítka, zvlněná podlaha, plísňe a další. Byty byly vystěhované, kontrolovali jsme bytový rozvaděč a světelné a zásuvkové okruhy. Hledali jsme chybná zapojení, zapojení lišící se od původní dokumentace elektroinstalace či použití hliníkových vodičů.



Obr. 10 – Stav kontrolovaných bytů



Obr. 11 – Kontrola zapojení zásuvek

4.2.1 Problematika hliníkových vodičů (teorie)

Hliníkové provedení domovních obvodů je nežádoucí, hliník má řadu špatných vlastností a v novodobých elektroinstalacích malých průřezů nemá své uplatnění. Dle evropských norem je minimální průřez pro použití hliníku 16 mm^2 . Jeho mechanické vlastnosti jsou chabé, pružnost a pevnost při srovnání s mědí zaostávají. Cenově je však výhodnější a mnohem lehčí (nižší hustota), než měď – pro tyto vlastnosti je stále hojně využíván [7].

Velký problém spočívá v tepelné roztažnosti hliníku – při zatěžování se tento materiál vlivem tepla vzniklého průchodem elektrického proudu roztahuje o 35 % více, než měď. Pod tlakem šroubu ve svorce se tedy vodič tepelným působením roztáhne a tomuto roztáhnutí odpovídá také síla, která na něho působí a způsobuje tečení (permanentní deformace hliníku působením tlaku). Po následném odlehčení vodiče se sníží velikost protékajícího proudu – sníží se tím také vznikající teplo a vodič se ochladí, následkem čehož se jeho objem opět zmenší, tentokrát však s tvarovou deformací v místě styku se svorkou. Z výše zmíněných skutečností tedy vyplývá, že mez pružnosti hliníku je nízká a elastická deformace tak velmi rychle přechází v deformaci plastickou, mnohdy již při působení „pouze“ jmenovitých proudů [7].

Po mnohých takovýchto deformačních cyklech se může spoj ve svorce uvolnit, což vede k mnohým nebezpečným situacím – v lepším případě vodič ze svorky vypadne a okruh jednoduše přestane fungovat, v horším případě však vznikne velký přechodový odpor, který při zatížení způsobuje značné tepelné namáhání spoje a v úplně nejhorším případě spojem vydávané teplo či elektrické oblouky způsobí požár. Rostoucí přechodový odpor lze však také připsat skutečnosti, že na povrchu hliníku při styku se vzduchem vzniká vrstvička nežádoucího oxidu Al_2O_3 . V místě uvolnění od spoje tak působí vzduch na vodič, oxiduje ho, a i při dalším dotažení je vodivost spoje nižší, než při prvotní instalaci [7].

Nedotáhnuté svorky s hliníkovými vodiči byly v minulosti původcem mnohých požárů, proto je jejich použití v domácnostech nežádoucí do již dříve zmiňovaného průřezu 16 mm^2 – špatné vlastnosti hliníku jsou totiž nejvíce patrné při použití malých průřezů. Moderní svorky domovních elektroinstalací jsou vyráběny pro použití měděných vodičů – do své konstrukce zohledňují jejich mechanické a tepelné vlastnosti. Pokud bychom do takovéto svorky chtěli připojit vodič hliníkový, museli bychom snížit povolené jmenovité zatížení a odstranit ostré hrany spoje, který by tento vodič mohly během provozu poškodit. Lze si tedy vyvodit, že nejideálnější je používání měděných vodičů, které nemusíme často pravidelně dotahovat (preventivně bychom však měli) a u kterých tlakové působení svorky, namísto značné deformace, spoj zpevňuje, což napomáhá skutečnosti, že vodivost spoje je tím lepší, čím větší je tlaková síla působící na jeho vodivé části.

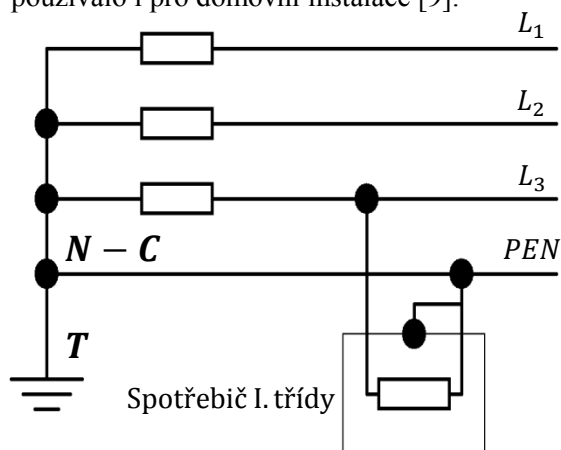
4.2.2 Problematika způsobu zapojení rozvodné sítě (teorie)

Jednou z dalších problematik je způsob zapojení sítě. Základními způsoby zapojení jsou TT, IT a TN. Z hlediska domovních elektroinstalací nás bude zajímat používané zapojení typu TN, které se dále dělí na TN-C, TN-S a TN-C-S.

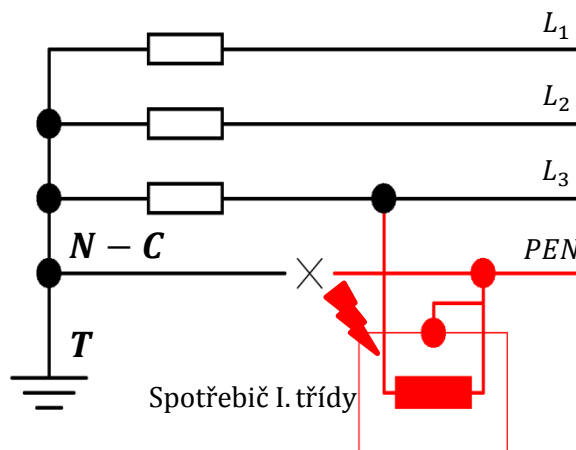
- První písmeno se vztahuje k uzlu zdroje, který je buďto uzemněn (T – terre) nebo izolován (I – isolation).
- Druhé písmeno popisuje ochranu neživých částí, které jsou buďto přímo uzemněny (T – terre) nebo spojeny s uzlem zdroje (N – neutral).
- Třetí písmeno u sítě TN popisuje vztah středního a ochranného vodiče, které mají funkci buďto společnou (C – combined), nebo oddělenou (S – separated) [8].

Zapojení TN-C

Tento způsob zapojení sítě představuje dvouvodičové provedení, ve kterém má pracovní vodič zároveň funkci ochrannou - tzv. vodič PEN. Zapojení TN-C je v dnešní době běžné u silových vedení (vedení od distribučního transformátoru k domovům, rozvodny a další). Do roku 1995 se však používalo i pro domovní instalace [9].



Obr. 12 – Zapojení TN-C



Obr. 13 – Porucha přerušení PEN v TN-C

Výhody

- Cena – použití dvou vodičů je levnější, než použití tří.
- Při přerušení vodiče PEN jsou spotřebiče nefunkční – závadu zjistíme ihned.

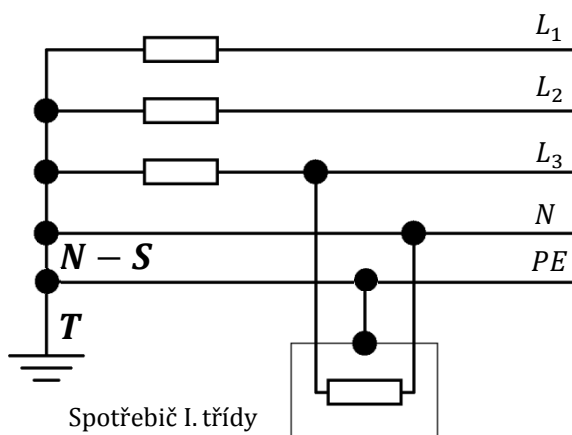
Nevýhody

- **Nelze použít proudový chránič** – pracovní vodič je zároveň ochranným.
- Přerušení vodiče PEN může způsobit vznik nebezpečného napětí na jeho neuzemněné části – na neživých částech spotřebičů třídy I a na zásuvkových kolících. Nejnebezpečnější skutečností je, že tato porucha nezpůsobí vybavení jisticích prvků!
- V případě přerušení vodiče PEN v nesymetricky zatíženém 3F obvodu vznikne napětí mezi uzlem zdroje a uzlem spotřebiče, které bylo původně při nepřerušném vodiči PEN nulové. Napětí na spotřebiči je poté dáno vektorovým součtem napětí na zdroji v dané fázi s nově vzniklým napětím na nulovém vodiči (tj. na vodiči PEN).
- Rušení elektromagneticky citlivých zařízení zpětnými proudy protékajícími skrze vodič PEN.

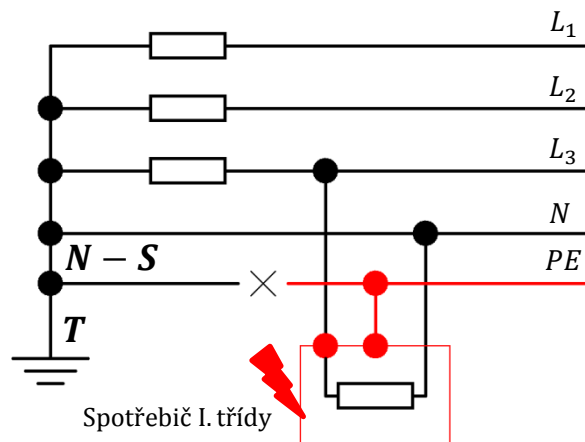
Z obr. 33 je patrné, že jedinou ochranou před přímým dotykem fáze zdroje „natvrdo“ je vlastní impedance spotřebiče.

Zapojení TN-S

Tento způsob zapojení sítě představuje třívodičové zapojení, ve kterém je funkce ochranná a pracovní rozdělena mezi 2 vlastní vodiče – pracovní vodič N a ochranný vodič PE. Tyto dva vodiče nulového potenciálu jsou odděleny již od uzlu zdroje, znovu v síti nesmí být spojeny, docházelo by totiž k náhodnému vybavování proudových chráničů v důsledku rozdělování pracovních proudů mezi nimi [9].



Obr. 14 – Zapojení TN-S



Obr. 15 – Porucha spotřebiče + přerušení PE v TN-S

Z obr. 15 vyplývá, že při přerušení ochranného vodiče a současném poruše spotřebiče (dotyk živé části s neživou) dochází ke stavu, kdy se na neuzemněné části ochranného vodiče nachází nebezpečné dotykové napětí (kolíky a neživé části spotřebičů) – spotřebiče však nadále fungují. Při nebezpečném dotyku dojde k uzavření obvodu, a pokud proud protékající poruchovým obvodem, jehož součástí se stává lidské tělo, přesáhne 30 mA, mělo by dojít k vybavení proudového chráničce a rozpojení obvodu.

Výhody

- Vyšší bezpečnost díky dedikovanému ochrannému vodiči – **možnost použití nadproudové ochrany**. Tento bod je však relativně kontroverzní – viz předchozí odstavec o přerušení PE a druhý bod nevýhod.
- Eliminace rušení citlivých zařízení způsobeného zpětnými proudy protékajícími skrze PEN v TN-C.

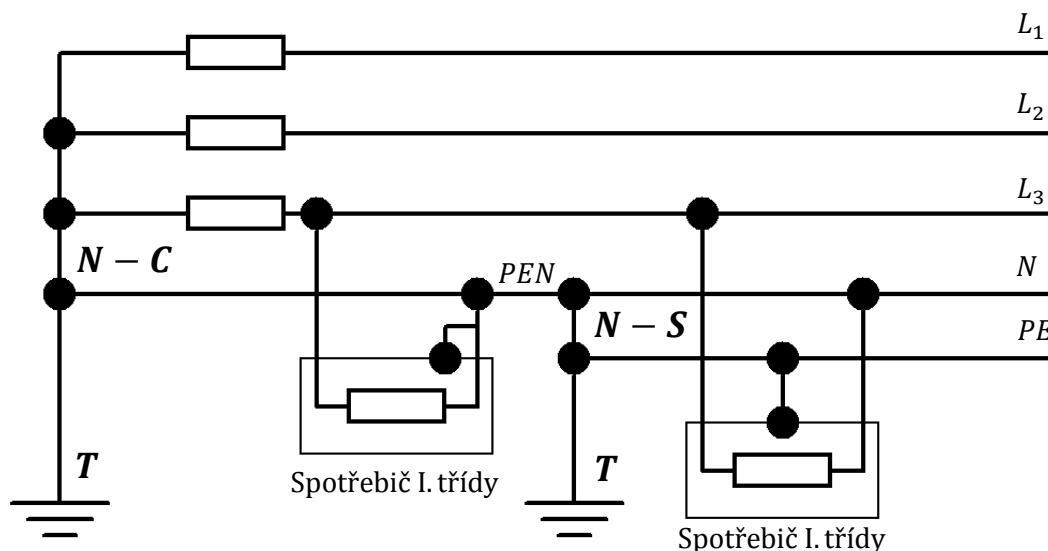
Nevýhody

- Cena - použití tří vodičů je dražší, než použití dvou.
- **Uživatel nezjistí přerušení ochranného vodiče PE** – ten není pro provoz spotřebiče zásadní, proto zařízení i bez ochrany funguje dále i přesto, že se na jeho kostře může nacházet nebezpečné dotykové napětí. Tuto závadu mají za úkol odhalit pravidelné revize.

Při proudové poruše bude poruchovým obvodem protékat proud, který buďto vybaví proudový chránič nebo jistič. Proudové chrániče monitorují velikost proudu protékajícího fázovým a pracovním vodičem – pokud mezi nimi nastane rozdíl proudů větší, než je (typicky) 30 mA, pak dojde k vybavení chrániče a rozpojení obvodu rychlostí řádově 0,03 s.

Zapojení TN-C-S

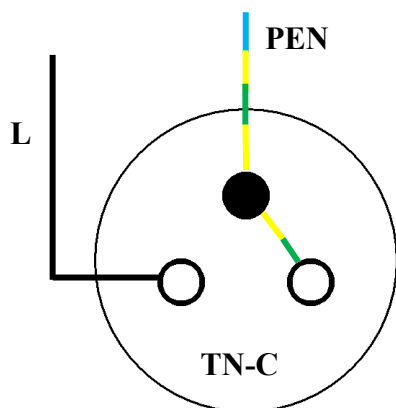
Provedení TN-C-S představuje kombinaci předchozích dvou způsobů zapojení – prvotně je síť zapojená způsobem TN-C, v určitém místě se však vodič PEN rozdělí na PE a N (tento bod rozdělení je zároveň uzemněn). Od bodu rozdělení síť pokračuje v provedení TN-S. Tento způsob zapojení je v dnešní době nejvíce využíván. Prvotní část TN-C typicky slouží pro distribuci, v rozvaděči k tomu určeném se poté vodič PEN rozdělí a dále síť pokračuje v zapojení TN-S, ke kterému uživatelé připojují své spotřebiče. Vzniká tak hybridní síť TN-C-S [9].



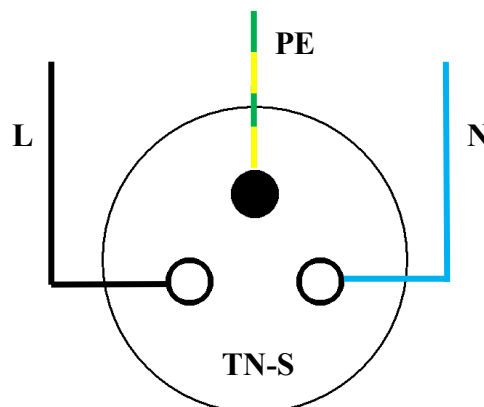
Obr. 16 – Zapojení sítě TN-C-S

Výhody a nevýhody zapojení TN-C-S vyplývají z respektivních vlastností sítí TN-C a TN-S.

4.2.3 Zapojení zásuvek



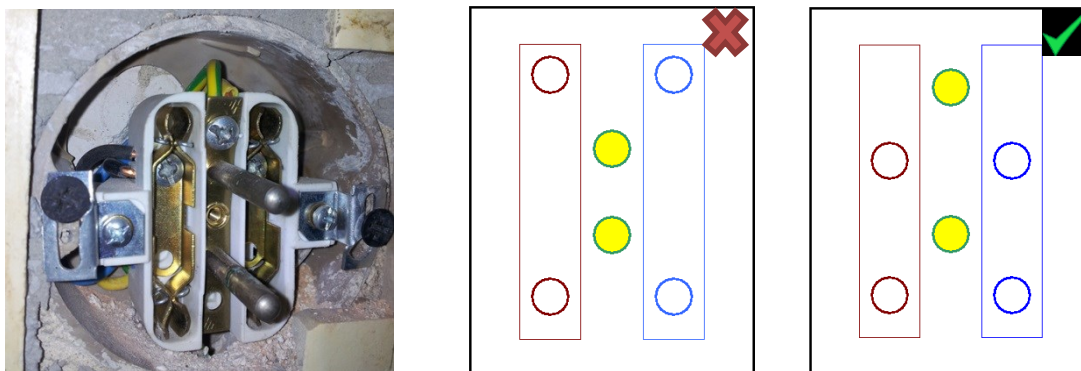
Obr. 17 – Zapojení zásuvek sítě TN-C



Obr. 18 – Zapojení zásuvek sítě TN-S

Během proměřování a kontroly správného zapojení zásuvek jsme také narazili na protilehlé zapojení ochranných zásuvkových kolíků. Tímto způsobem zapojení docílíme toho, že jsme schopni do zásuvek nad sebou bez problémů zapojit prodlužovací kabely či spotřebiče se zástrčkami s ochrannými svorkami, které se jinak kvůli nedostatku místa vzájemně omezují.

Problém spočívá ve skutečnosti, že i přes změnu umístění ochranného kolíku zůstává fáze na stejném místě – z pohledu uživatele na levých svorkách. Připojíme-li tedy přívod spotřebiče k horní zásuvce, pak dojde k prohození role fázového a pracovního vodiče přívodu oproti jeho připojení do zásuvky dolní. Toto prohození rolí samozřejmě nijak neovlivňuje spotřebiče s třídou ochrany II., které jsou bez ochranné svorky, nicméně u některých spotřebičů třídy I. může toto provedení způsobovat problémy ve funkci či bezpečnosti. Zapojování zásuvek tímto způsobem je tedy nevyhovující.



Obr. 19 – Problematika protilehlého zapojení zásuvkových kolíků

Problém lze vyřešit použitím zásuvek, které funkci dutinek vzhledem k umístění ochranného kolíku berou v potaz. Zásuvky s protilehlým zapojením kolíků však na trhu nejsou typické, klasicky je příslušný ochranný kolík u zděných zásuvek umístěn vzhledem k fázové a pracovní dutince nahoře.

4.3 Údržba trafostanice

Účelem práce byla údržba a revize zděné kompaktní distribuční trafostanice se snižovacím olejovým transformátorem 22/0,4 kV, vyplývající z řádu preventivní údržby.

4.3.1 Řád preventivní údržby (teorie)

Řád preventivní údržby (dále jen ŘPÚ) slouží k zajištění bezpečného a bezporuchového provozu elektrických zařízení. Jedná se o předpis, kterým provozovatel elektrického zařízení prokazuje dodržování jeho pravidelných kontrol a údržeb dle ČSN 33 1500. Trafostanice (dále jen TS) spadá do kategorie vyhrazených technických zařízení, u kterých je vyžadována pravidelná údržba a revize. V následujících bodech se budeme konkrétně zabývat ŘPÚ TS s olejovým transformátorem [10].

Roční prohlídka TS – jedná se o prohlídku TS prováděnou jednou ročně. Za provozu zařízení se provádějí následující (vizuální) úkony [10]:

- Kontrola celkového stavu transformátoru, těsnosti nádoby, oleje (olejznak), průchodek, hlučnosti a uzemnění.
- Kontrola stavu izolátorů a svodičů přepětí (indikace sršení), konstrukčních prvků, jejich znečištění či poškození. Kontrola rozvaděče NN a ověření platnosti jeho dokumentace.
- Kontrola veličin (napětí, proudy, výkony...) odečtem a stavu jejich měřidel.
- Kontrola jisticích a měřicích zařízení, bezpečnostních a identifikačních tabulek a povinné výbavy. Ověření ochranného pásma objektu.

Na základě roční prohlídky a jejího závěru se dle potřeby provede základní údržba za provozu.

Čtyřletá prohlídka a údržba TS - jedná se o prohlídku a údržbu TS, jež se provádí jednou za čtyři roky. Za zapnutého a posléze vypnutého stavu transformátoru se provádějí následující úkony [10]:

- Prohlídka
 - Provedení všech úkonů prohlídky roční.
 - Změření výstupních napětí před vypnutím a po opětovném zapnutí transformátoru.
 - Kontrola množství oleje v záchytné vaně pod transformátorem.
 - Kontrola rozvaděčů, kondenzátorů a spojovacích, přívodních a vývodních vedení.
- Údržba - beznapěťový stav
 - Očištění transformátoru, jeho částí (izolátory, spoje...) a stanice od nečistot.
 - Důkladná kontrola všech částí transformátoru a výměna či doplnění oleje, odběr vzorku oleje pro zkoušku elektrické pevnosti (dle potřeby).
 - Výměna silikagelu zabraňujícího vniku vlhkosti do transformátoru.
 - Měření izolačních stavů a uzemnění.
 - Vyčištění NN rozvaděče a záchytné vany.
 - Údržba terénu kolem TS a promazání zámků.

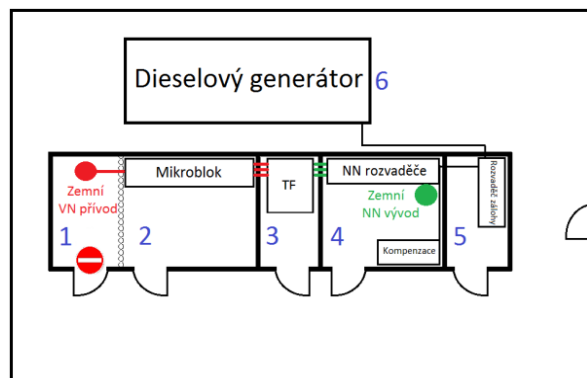
Do ŘPÚ lze také zakomponovat termovizní kontroly pro ověření teplotního rozložení na povrchu transformátoru a všech jeho prvcích. Víceméně se dá říci, že lhůty a rozsah kontrol a údržeb si do určité míry provozovatel určuje sám, musí však tuto činnost vykonávat pravidelně a svědomitě.

4.3.2 Postup a shrnutí údržby

Popis pracovní oblasti



Obr. 20 – Fotka pracoviště



Obr. 21 – Schéma pracoviště

1. **Úsek VN přívodu** – tato oblast je přístupná pouze povoláním osobám dodavatele elektrické energie. Nachází se zde 22kV zemní přívod a VN ovládací panel. Při neoprávněném vstupu do této části TS je pomocí senzorů notifikován dispečink dodavatele.
2. **Úsek VN** – obsahuje VN mikroblok složený z několika polí. Je opatřen pojistkami, uzemňovacími prvky, mechanickým odpojovačem a světelnými senzory indikujícími přítomnost napětí. Zajišťuje bezpečnou práci technika na VN části stanice.
3. **Úsek transformátoru** – jedná se o vlastní prostor transformátoru, tedy oblast mezi VN a NN blokem. Na primární straně transformátoru je VN přívod, na sekundární straně NN vývod.
4. **Úsek NN** – v této části se nacházejí NN rozvaděče a kompenzace účinníku.
5. **Úsek zálohy** – zde se nachází rozvaděč pro venkovní dieselový agregát.
6. **Dieselový generátor** – venkovní generátor zajišťující záložní napájení v případě výpadku dodávky energie od dodavatele či poruchy v TS.

Poučení o bezpečnosti práce

Práci bylo nutné i přes zajištění beznapěťového stavu považovat za práci pod napětím (PPN). Ke všem vodivým částem (včetně částí odpojených) bylo tedy třeba přistupovat tak, jako by byly pod napětím (tzn. za použití ochranných prostředků a preventivních opatření).

Základní použité ochranné prvky a prostředky při manipulaci v oblasti VN:

- Gumový koberec a izolační obuv.
- Dielektrické izolační rukavice – pokud nejsou neprůrazné, pak navíc rukavice kožené.
- Helma se štítem.
- Ochranné oblečení.
- Izolované nářadí.

Vypsání příkazu B

Jedná se o organizační opatření pro zajištění bezpečnosti práce na elektrických zařízeních. Tento příkaz se vydává pro práce na VN, VVN a ZVN – konkrétně se v našem případě jednalo o zajištění a odjištění VN pracoviště pro práci bez napětí [11].

PŘÍKAZ B

číslo: 018 kniha číslo: 7

Zajištění pracoviště bude (tvoř) [redacted] (pro) M.M.W. hodn. 800
pracovník bude zajišťova (práko bce nově?) - vzhledem k [redacted] (ne zastáváme odpovědnost za bezpečnost práce)
na zařízení VN ŽELEZ VÝROD PÁD TRAFID VN 9506

*** POZOR, ZAJIŠŤOVÁNÍ A ODJIŠŤOVÁNÍ PRACOVNÍ JE PRÁCE POD NAPĚTÍM ***

PRO ZAJIŠŤOVÁNÍ PRACOVNÍCH BUDOV PROVEDENÍ NAHLAŠUJÍCÍ ÚKOLY

ČÍSLO ZAJIŠŤOVÁNÍ	JEDNO	DVOJE	TROJICE	POZN.
1 08 9306 Železný	VOPRAN + ŽEMITEL VS			
2 08 9306 TRAFID	VOPRAN + ŽS 1ST + 2			
3 08 9306 TRAFID	OBS + UAR ŽSC-1			
4 08 9306 Železný NN	OBS + UAR ŽSC-2			
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Nadpisoví součástí PŘÍKAZU B jsou přílohy číslo 1

Zajištění pracoviště provedeno a podpisy stvrzuji: je jsou seznámeni o způsobu a rozsahu zajišťování

Jméno	Podpis	Jméno	Podpis
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
3		3	
4		4	

Pracoviště je předáno pracovníkovi č. 01

Zajištění pracoviště přebírá (bude) při převzetím dotyknout hude ruky "o bezpečnostní stavu zařízení. Nejblíže části zařízení pod napětím"

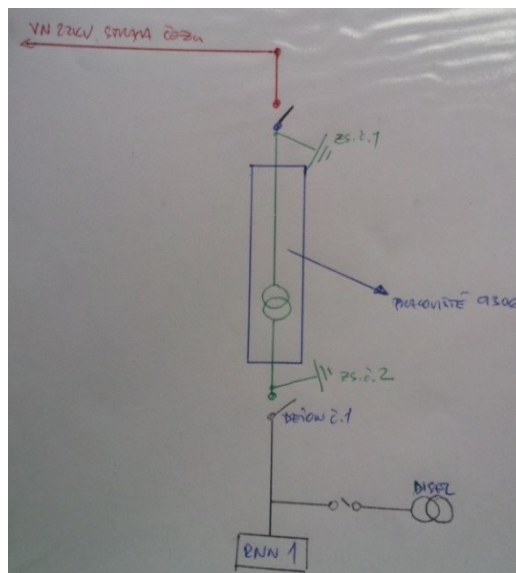
jmeno: Vladimír ČERNÝ VN ODPRAVITEL ŽELEZ V 08 9306
pod TRAFID

Zajištění pracoviště provedl (dru) M.M.W. hodn. [redacted] vedoucí práce [redacted] [redacted]

Sřezávání, je jeme byl před zahájením práce seznámen a poučen o stavu zajištění pracoviště a nejbližších částech pod napětím

Jméno	Podpis	Jméno	Podpis
1 SE	SE	1	
2		2	
3		3	

Obr. 22 – Příkaz B pro zajištění trafostanice



Obr. 23 – *Jednopolové schéma pracoviště*

Zajištění pracovní oblasti

Zajištění pracovní oblasti spočívalo v odpojení transformátoru od zdroje energie na primární straně a zároveň jeho odpojení od sítě na straně sekundární. Transformátor tak byl vyjmut ze sítě a následně se ověřil jeho beznapěťový stav.

Postup odpojení a zajištění transformátoru

1. Odpojení VN přívodu a uzemnění svorek primární strany transformátoru (viz obr. 24).
2. Zkouška napětí VN zkoušečkou:
 - 2.1 Tlačítko TEST – zvuková signalizace.
 - 2.2 Vyzkoušení funkčnosti na části, která je pod napětím (pokud je přítomna).
 - 2.3 Vyzkoušení částí, na kterých a v jejichž blízkosti se bude pracovat.
 - 2.4 Znovu tlačítko TEST.
3. Odpojení NN vývodu a uzemnění svorek sekundární strany zkratovací soupravou (zkratování fází L_1 , L_2 , L_3 a současné spojení se zemí – viz obr. 25).



Obr. 24 – Zajištění primární strany (VN)



Obr. 25 – Zajištění sekundární strany (NN)

Provedení údržbových a měřících úloh

Po zajištění bezpečnosti pracovní oblasti byly provedeny měřící a údržbové úlohy spadající pod čtyřletou prohlídku TS dle ŘPÚ. Odstranili jsme nečistoty v jednotlivých sekcích stanice (prach, mastnota...) a po očištění spojů jsme nanесли elektrovodivou vazelinu pro zajištění co nejnižšího přechodového odporu. Všechny třmenové svorky jsme dotáhli na požadovanou hodnotu 30 Nm.

Měření izolačního stavu jsme prováděli pomocí megaohmmetru. Měřili jsme izolační odpor vzájemně mezi fázemi a poté mezi jednotlivými fázemi vůči pracovnímu vodiči, a to jak na primární, tak také na sekundární straně transformátoru. Během měření bylo samozřejmě zapotřebí úseky odzemnit, jinak bychom izolační odpory nebyli schopni změřit.

Shrnutí údržby

Během údržby nebyly nalezeny žádné závažné poruchy či vady. Při měření izolačního stavu transformátoru na straně VN jsme mezi fázemi na megaohmmetru s rozsahem 400 M Ω při měřícím stejnosměrném napětí 5000 V naměřili hodnotu mimo rozsah. Dle měřícího technika je povolené minimum 1000 Ω na jednotku pracovního napětí. Pro 22kV soustavu je tedy izolační minimum 22 M Ω . Obdobného výsledku mimo rozsah jsme také dosáhli na straně NN. Izolační stav obou stran transformátoru byl tedy v pořádku. Jediný problém nastal s rozběhem záložního generátoru, který se při simulaci výpadku dodávky energie sám nerozběhnul. Po správném nastavení na kontrolním panelu se nám ho však podařilo zprovoznit. Stanici jsme poté uvedli do původního stavu a údržbu ukončili.

4.4 Výměna koncovky VN

Během revize distribuční mřížové trafostanice (22/0,4 kV) vyplývající z ŘPÚ byla objevena závada VN koncovky jedné z přírodních fází. Problém spočíval ve velikosti svodových proudů, které koncovku pravděpodobně ode dne její instalace poškozovaly. S majitelem objektu a dodavatelem energie bylo domluveno datum odpojení transformátoru od sítě a následná čtyřhodinová oprava. Opravou závady jsme předešli pravděpodobnému výpadku, který by způsobil značné peněžní ztráty velké firmě, která je na distribuční transformátor připojena. Zároveň jsme také zkrátili dobu výpadku a minimalizovali možné poškození rozvodu.

Jednalo se o tepelně smrštiteľnou koncovku jednožilového kabelu s hliníkovým jádrem o průřezu 70 mm². Původcem nežádoucích svodových proudů koncovky byla její chybná instalace. Technik nesprávně odstranil polovodivou vrstvu (vznik nerovností) či neodstranil nečistoty, což dalo za vznik svodovým proudům a částečným výbojům, které svým dlouhodobým působením izolaci poškodily. Naším úkolem bylo nahradit tuto koncovku za novou a ověřit napět'ovými zkouškami její nezávadnost.

Zajišťování pracoviště bude ředit (jméno, příjmení, podpis, číslo, datum, hodiny) oprava koncovky

pracoviště bude zajištěno pro práci bez napětí (- "včetně") - (nenalezeno zajištění bez napětí)

NA 22 kV NA TRAFOSTANCI NI 9039 V USEBNĚ 45 NI 9039

na zařízení: NI 9039 ITS

POZOR, ZAJIŠŤOVÁNÍ A ODJIŠŤOVÁNÍ PRACOVISTĚ JE PRÁCE POD NAPĚTÍM!

PRO ZAŘÍZENÍ PRACOVISTĚ BUDE PROVEDEN NÁSLEDUJÍCÍ ÚKYN		ÚKYN	ZAJIŠŤENÍ PROVEDENÍ - HLÁŠENÍ
1	ITS NI 9039 NA DEONU	VYPNUTÍ + ZVS BT + Začlenění	
2	US NI 9039 → ITS NI 9039	VYPNUTÍ + ZVS BT + Začlenění	
3	ITS NI 9039 DEON	OBST + UA2 22. č. 1 a 2 a 3	
4	ITS NI 9039 KONKOVIA NI 22	OBST + UA2 22. č. 2 a 3 a 4	
5	US NI 9039 → ITS NI 9039	VYPNUTÍ PRACOVISTĚ PRACOVISTĚ	
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Nedílnou soudci Příkazu B jsou přílohy číslo: 1

Zajištění pracoviště provedou a podpisují stávající, že jsou seznámeni o způsobu a rozsahu zajišťování

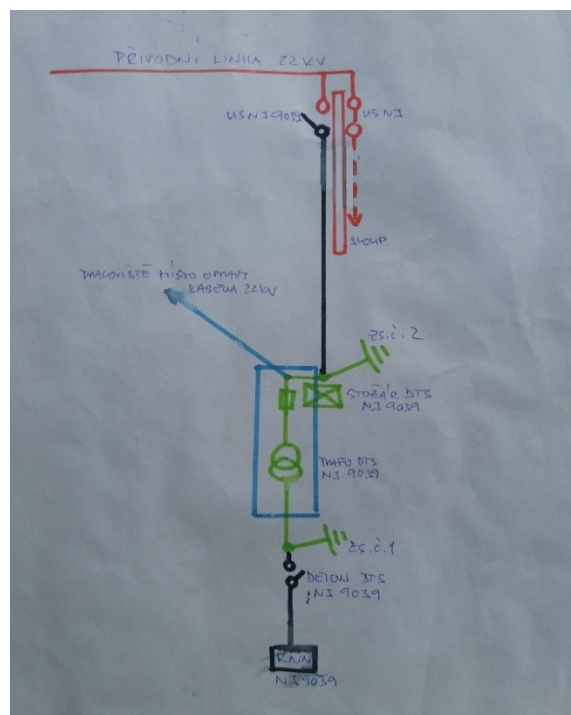
JMÉNO	PODPIS	JMÉNO	PODPIS	JMÉNO	PODPIS
1	SE	2		3	
4		5		6	

Pracoviště je předáno protokolem č.: -

Zajištěné pracoviště zkontroluji, byl přesvědčen dotykem hůlek ruky () o beznapěťovém stavu zařízení. Nejbližší části zařízení pod napětím jsou: PRIMA STANICA US NI 9039 SHER VEDENÍ VYUŽITÍ LUKA 22V

Zajištění pracoviště převzal dne: hodiny: vedoucí práce: podpis:

Obr. 26 – Příkaz B pro výměnu koncovky VN



Obr. 27 – Jednopolové schéma pracovní oblasti

Modrá část na obr. 27 představuje oblast, ve které jsme opravu závady vykonávali. Zelené části jsou zajištěné (ověřený beznapěťový stav), černé části jsou nezajištěné – neměly by být pod napětím, ale nespadají do pracovní oblasti a jejich beznapěťový stav nemáme ověřen. Červená část představuje VN přívod pod napětím, od kterého jsme byli během práce galvanicky odpojeni. Odpojení úsečníku VN provedl dodavatel energie. Zajištění primární strany VN a sekundární strany NN zkratovacími soupravami jsme provedli my.



Obr. 28 – Zajištění NN



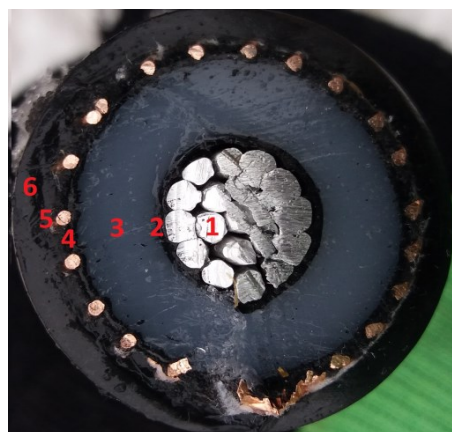
Obr. 29 – Zajištění VN



Obr. 30 – Postižená fáze



Obr. 31 – Poškozená koncovka



Obr. 32 – Řez kabelem VN

4.4.1 Řez kabelem VN (teorie)

Na obr. 32 lze vidět jednotlivé vrstvy použitého jednožilového silového kabelu.

1. Hliníkové lanované jádro.
2. Vnitřní polovodivá vrstva.
3. Izolace jádra XLPE – zesítený polyetylén.
4. Vnější polovodivá vrstva.
5. Drátové stínění (měděné provedení).
6. Vnější ochranný PVC plášť.

**Na pomezí stínění a vnějšího pláště je polovodivá vodoblokující separační vrstva*

Lanované jádro, tvořené vysoce vodivým materiálem, zajišťuje přenos elektrické energie. V silnoproudé energetice k tomuto účelu využíváme dva základní elektrovedivé materiály – hliník a měď, mezi kterými volíme v závislosti na jejich rozdílných vlastnostech (elektrická a tepelná vodivost, hustota, mechanické vlastnosti, cena...). Lana jádra jsou zkroucena do šroubovice. V konečném výrobním procesu je jádro zpevněno komprimací, během které se sníží jeho průřez, avšak vodivost zůstává stejná.

Polovodivé vrstvy slouží k ovládání elektrického pole – zajišťují jeho rovnoměrné rozložení a tím také rovnoměrné namáhání izolace. Mimo jiné vyplňují a vyhlazují mezery na rozhraní, čímž také zabraňují vzniku částečných výbojů, které jsou schopny degradovat izolaci. **Vnitřní polovodivá vrstva** je přímo ve styku s jádrem. Nerovnosti přechodu jádra a izolace si lze vyvodit ze skutečnosti, že jádro je tvořeno lanovým svazkem, jehož výsledný obvod není dokonalou kružnicí. **Vnější polovodivá vrstva** je obdobná vrstvě vnitřní, zajišťuje však přechod mezi izolací a stíněním [12].

Izolace jádra odděluje jádro od uzemněné stínicí vrstvy. Konkrétně zde použitá XLPE izolace se vyznačuje dobrými mechanickými vlastnostmi i při vysokých teplotách, kterým zároveň dobře odolává.

Stínění, v našem případě v měděném drátovém provedení, slouží k zajištění elektromagnetické kompatibility – zabraňuje pronikání elektromagnetického rušení z kabelu do okolí, zároveň však také z okolí do kabelu. Na obou koncích je stínění uzemněno a vede kapacitní (svodové) proudy [13].

Separační vrstva je tvořena polovodivou, vodu blokující páskou.

Vnější ochranný plášť, zde v PE provedení, tvoří vnější vrstvu, která zajišťuje mechanickou pevnost všech prvků kabelu a také ochranu vůči poškození a vnějším vlivům.

Tento rozbor byl konkrétní pro použitý kabel 22-AXEKVCE 1x70. Různé typy kabelů mohou mít odlišná provedení jednotlivých vrstev. Každý kabel je však tvořen minimálně jádrem a izolací.

4.4.2 Postup a shrnutí výměny

Na místě technik pracoval dle návodu, který je ke každému balení koncovky přiložen. Bylo zapotřebí odstranit jednotlivé vrstvy a připravit tak kabel k montáži. Jednalo se o odstranění pláště, zpětné přehnutí stínění, ořezání vnější polovodivé vrstvy a následné odstranění XLPE izolace jádra.

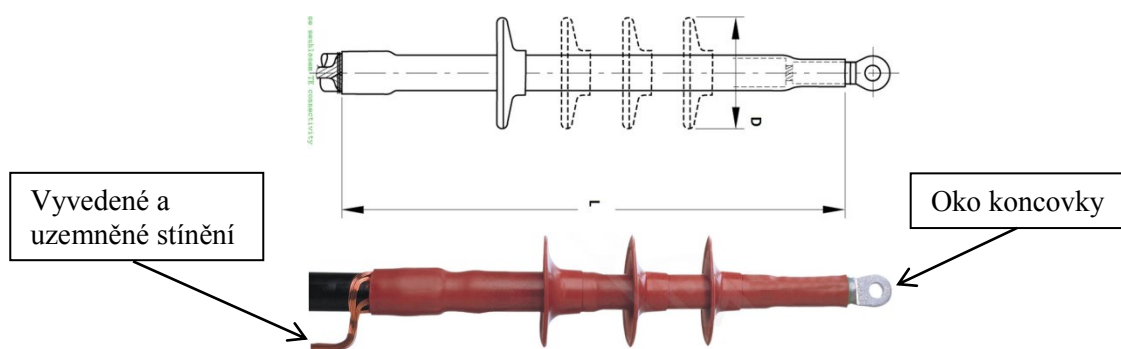


Obr. 33 – Ořezávání polovodivé vrstvy



Obr. 34 – Kabel připravený k montáži

Další části pracovního postupu jsem již neměl možnost dokumentovat fotkami. Technik navinul červenou pásku na vnější přechod mezi pláštěm a stíněním a poté tento spoj zacelil černou smršťovací trubicí. Následovalo umístění oka koncovky na holé jádro a očištění a odstranění nerovností na izolaci XLPE. Dále technik navinul žlutou pásku na přechod mezi izolací XLPE a vnější polovodivou vrstvou, sloužící k vyplnění vzduchových mezer a k zabránění vzniku částečných výbojů. Pokračoval nasunutím červené (plášť nahrazující) trubice a jejím smrštěním pomocí plynového hořáku směrem k oku. Instalaci dokončil nasazením izolačních silikonových stříšek a jejich tepelným smrštěním – počet stříšek vyplýval z napětové hladiny a umístění – hladině 22 kV a venkovnímu provedení katalogově odpovídalo použití tří stříšek.



Obr. 35 – Konečná podoba koncovky [14]

Po výměně bylo nutné provést kabelové zkoušky!

Zkouška zvýšeným napětím spočívala v zatížení nově instalované koncovky trojnásobkem jejího jmenovitého fázového napětí (tedy zkušebním napětím 40 kV) po dobu jedné hodiny, během které nesmělo dojít k průrazu.

Plášťová zkouška ověřila integritu vnějšího pláště kabelu nově instalované koncovky. Během této pětiminutové zkoušky jsme plášť namáhali stejnosměrným napětím o hodnotě 5000 V. Měřený svodový proud v čase nesměl stoupat.

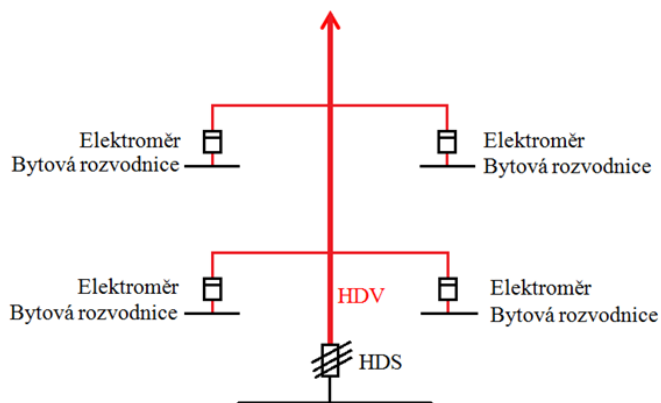
Nově instalovaná koncovka vyhověla oběma zkouškám – odjistili jsme tedy objekt a zavolali pověřenou osobu, která za současného monitoringu z centrály dodavatele energie úsečník VN připojila. Nově připojený objekt v síti nezpůsobil problémy. Práci jsme zakončili ověřením jmenovitých hodnot na straně NN a opětovným zabezpečením objektu.

4.5 Rekonstrukce elektroinstalace společných prostor

Účelem práce byla rekonstrukce elektroinstalace společných prostor bytového domu. Vzhledem k trendu narůstajících energetických požadavků bytů nebyly desítky let staré elektrické rozvody schopny bezpečného provozu. Majitel se tak rozhodl pro celkovou rekonstrukci společných prostor a přívodů do bytů. Elektroinstalace v bytech zůstala nedotčena.

Rekonstrukce chodby

Práci jsme započali vysekáváním drážek pro kabelové vedení chodbových světel a přívodů do bytů. Zároveň jsme také museli obsekat stávající elektroměrové rozvaděče a připravit jejich obměnu. Časově nejnáročnější byly mezipatrové průrazy a sekání hlubokých drážek pro přívod HDV, které vyžaduje uložení v ochranné hadici. Tyto přípravné práce jsme prováděli za provozu stávající elektroinstalace, což bylo jednou z podmínek správce bytových jednotek, který požadoval co nejkratší narušení dodávky elektrické energie.

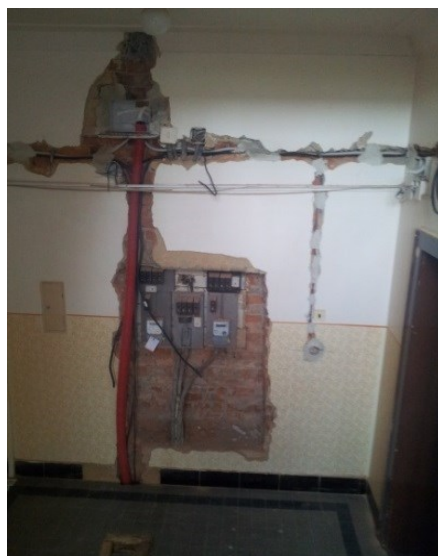


Obr. 36 – Principiální schéma zobrazující obměňovanou (červenou) část vedení

Po přípravě jsme zasádrovali rozvody pro osvětlení a usadili nové HDV.



Obr. 37 – Nové HDV (přízemí)



Obr. 38 – Nové HDV (1. patro)

V předem hlášený termín jsme během dopoledne odpojili staré HDV od HDS a nainstalovali dva nové elektroměrové rozvaděče pro všech 8 bytů. Součástí nového rozvaděče v prvním patře bylo jištění společné spotřeby a přepětová ochrana.



Obr. 39 – Rozvaděč při prvotním usazení



Obr. 40 – Konečná podoba rozvaděče

Po usazení a připojení obou rozvaděčů jsme připojili nové HDV k HDS. Ke všem bytům byla obnovena dodávka elektrické energie a všechny prvky nově spuštěných okruhů fungovaly správně.

Rekonstrukce sklepních prostor

Po dokončení prací v chodbě jsme se přesunuli do sklepení. Zde jsme zapojili nové rozvody a osvětlení jednotlivých kójí. Tato část práce byla spíše rutinní, v místnosti s vodními čerpadly jsme však objevili závadu hlavního (ochranného) pospojování.



Obr. 41 – Vyhovující svorka



Obr. 42 – Nevyhovující svorka

V oblasti sklepení se nacházelo ochranné pospojování pro kovové vodní potrubí. Z obr. 42 je patrný nevyhovující stav jedné ze svorek. Tato svorka s měděným zemnicím páskem byla instalována současně se svorkou na obr. 41. Rozdíl mezi jejich stavy je však patrný. Předpokládaným degradačním činitelem byly svou velikostí nepatrné proudy, které spojem procházely kvůli nežádoucím napětím vznikajícím na kostrách čerpadel. Degradaci napomohl také fakt, že spoj byl realizován přechodem mezi železem, mědí a mosazí.

5 Znalosti získané během studia uplatněné v průběhu odborné praxe

Tříleté bakalářské studium na FEI se zaměřením na elektroenergetiku představuje zdroj veškerých mých současných znalostí o elektřině a magnetismu. Při praxi jsem používal znalosti získané zejména v předmětech elektrické světlo a teplo, elektrické stroje, elektrické přístroje a diagnostika elektrických zařízení.

6 Nedostatky ve znalostech a dovednostech při vykonávání odborné praxe

Hlavní nedostatky při vykonávání praxe spočívaly v mých nulových praktických zkušenostech v oboru elektrotechniky. Po stručném vysvětlení náplně práce, pracovních prostředků a následném propojení dané problematiky s mými teoretickými znalostmi jsem však byl téměř vždy schopen si vytvořit ucelenou představu o průběhu a účelu dané práce. Případné znalosti, které mi během praxe scházely, jsem byl schopen získat samostatným studiem po pracovní době.

7 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Během praxe jsem se zúčastnil mnohých prací na elektrických zařízeních a elektroinstalacích. Nově získaná manuální zručnost mi bude základem pro její další zdokonalování. Velkým přínosem pro mne byly nově nabyté vědomosti o elektrických rozvodech a základních chybách, kterých se při jejich zapojování můžeme dopustit.

Příležitostně se mi i přes zejména nízkonapěťové zaměření firmy podařilo díky externím kontraktům dostat k práci na VN, za což jsem velmi vděčný, protože mne z energetického hlediska zajímají zejména elektrické stroje a soustavy vysokého napětí, kterými se ve studiu dále plánuji zabývat. Pro pochopení VN je však nezbytná znalost NN, proto byla tato praxe velmi přínosnou pro navazující studium.

Díky praxi jsem si také uvědomil, jak náročná je práce v terénu – a to zejména venkovní práce v zimním období – proto bych chtěl vyjádřit obdiv všem technikům pracujícím v těchto mnohdy spartánských podmínkách.

Literatura

- [1] Revize a lhůty. *Revize-elektro-hromosvody.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.revize-elektro-hromosvody.cz/lhuty-revizi>
- [2] Revize obecně. *Treals.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.treals.cz/revize-elektro/revize-obecne/>
- [3] Vnější vlivy. *Elektrika.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/vnejsi-vlivy-a-vzory-listu-protokolu-o-jejich-urceni>
- [4] Revizní zpráva. *Revize.abax.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://revize.abax.cz/cz/co-musi-obsahovat-revizni-zprava/>
- [5] Chyby při měření termokamerou. *Termokamera.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/chyby-a-omyly-pri-mereni-termokamerou/>
- [6] Využití termokamer v praxi. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7069-vyuziti-termokamer-testo-ve-stavebni-praxi>
- [7] Hliník a spojování vodičů. *Elektro.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/elektromaterialy/3910-hlinik-svorky-spojovani-vodicu>
- [8] Rozvodné sítě TN IT TT. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/rozvodne-site-tn-it-tt/>
- [9] Výhody a nevýhody sítí TN-C a TN-S. *Odbornecasopisy.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyhody-a-nevyhody-siti-tn-c-a-tn-s--15044>
- [10] Revize trafostanice. *Revizekontroly.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.revizekontroly.cz/elektricka-zarizeni/item/pravidelna-udrzba-a-revize-trafostanice>
- [11] Příkaz B. *Copsu.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: http://www.copsu.cz/mikrop/50/vyhl_prikazb.html
- [12] Pokládka kabelu kabelu. *Elektrika.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/pokladka-kabelu-a-pohled-revizniho-technika>
- [13] Jak se dělá kabel. *Odbornecasopisy.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/jak-se-dela-kabel--9622>
- [14] Koncovka POLT-24D/1XO. *Eshop.elfetex.cz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://eshop.elfetex.cz/10-652-788-koncovka-polt-24d1xo-70-240-ksset>